

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Šimun Lakušić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Ispitivanje broja mahuna po biljci i broja zrna po mahuni  
u ranim generacijama selekcije graška**

Završni rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Šimun Lakušić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Ispitivanje broja mahuna po biljci i broja zrna po mahuni  
u ranim generacijama selekcije graška**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. izv.prof.dr.sc. Andrijana Rebekić, predsjednik
2. izv.prof.dr.sc. Sonja Petrović, mentor
3. prof.dr.sc. Sonja Vila, član

Osijek, 2018.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Bilinogojstvo  
Šimun Lakušić

Završni rad

### Ispitivanje broja mahuna po biljci i broja zrna po mahuni u ranim generacijama selekcije graška

**Sažetak:** Grašak (*Pisum sativum* L.) je jednogodišnja zeljasta biljka iz porodice lepirnjača (*Fabaceae*), ima veliku hranjivu vrijednost. Ubraja se kao povrtlarska kultura u grupu zrnatih mahunarki. Cilj ovoga rada je utvrditi vrijednosti svojstava i razlike u broju mahuna po biljci te broju zrna po mahuni graška u F<sub>1</sub> i F<sub>2</sub> generaciji. Kao roditeljske komponente korištene su dvije sorte graška Eiffel i Baccara. Na temelju izmjerenih vrijednosti broja mahuna po biljci i broja zrna po mahuni izračunata je aritmetička sredina za sva svojstva i izrađena je distribucija svojstava. Utvrđena je velika varijabilnost za sva mjerena svojstva i u F<sub>1</sub> i u F<sub>2</sub> generaciji.

**Ključne riječi:** grašak, varijabilnost, prinos, Baccara, Eiffel, F<sub>1</sub> generacija, F<sub>2</sub> generacija

20 stranica, 4 tablice, 7 slika, 10 grafikona, 8 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
Undergraduate university study Agriculture, course Plant production  
Šimun Lakušić

BSc Thesis

### Investigation of number of pods per plant and number of seeds per pod in the early generation of pea selection

#### Summary:

Pea (*Pisum sativum* L.) is a herbaceous plant from legumes family. It is a crop with high nutritional value. Objective of this BSc thesis was to determine the values and the differences in number of pods per plant and number of grains per pod of F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generations of one pea crossing combination. Two pea varieties Eiffel and Baccara were used as parental generation. Based on measured values of number of pods per plant and number of grains per pod arithmetic mean was calculated and distribution of measured traits was made. High variability of both measured traits was determined in F<sub>1</sub> as well as in F<sub>2</sub> generation.

**Keywords:** pea, variability, yield, Baccara, Eiffel, F<sub>1</sub> generation, F<sub>2</sub> generation

20 pages, 4 tables, 7 pictures, 10 charts, 8 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Morfološka svojstva graška .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIJAL I METODE .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Biljni materijal .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Sjetva graška i izbor roditelja.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Hibridizacija biljke graška .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Mjerenje broja mahuna po biljci i broja zrna po mahuni.....</b>	<b>7</b>
<b>3. REZULTATI I RASPRAVA.....</b>	<b>10</b>
<b>4. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>20</b>
<b>5. POPIS LITERATURE.....</b>	<b>21</b>

## 1. UVOD

Rod *Pisum* čine pet vrsta, od kojih su tri divlje vrste *P. abyssinicum* ((A.Braun) Govorov), *P. fulvum* (Sibth. Et Smith.), *P. humile* (Boiss. et Noë), *P. elatius* ((M. Bieb.) Asch. et Graebn) te kultivirana vrsta *P. sativum* L. (Hoey., i sur. (1996.). Kultivirane forme *P. sativum* dalje dijelimo prema načinu uporabe, na vrste za ishranu stoke kao zelena masa (var. *arvense* (L.) Poir) ili u obliku zrna (ssp. *sativum*) te one vrste koje koristimo za ljudsku prehranu kao nedozrele mahune ili zrna (var. *hortense* (Neilr.)) (Čupić i sur., 2009.).

Grašak je generalno poznatiji kao jednogodišnja zeljasta biljka iz porodice lepirnjača (*Fabaceae*), ima veliku hranjivu vrijednost. Ubraja se kao povrtlarska kultura u grupu zrnatih mahunarki. Najznačajniji centri podrijetla graška su srednjoazijski (sjeverozapadna Indija, Pakistan i Afganistan) te potom centar male Azije i Irana, Sredozemlje i planinska područja Etiopije. ([http://pinova.hr/hr\\_HR/baza-znanja/povrcarstvo/grasak](http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/povrcarstvo/grasak)).

Ubraja se među četiri najvažnije kultivirane krupno-sjemene mahunarke uz soju, grah i slanutak. Njihova gospodarska vrijednost prvenstveno ovisi o njegovoj namjeni, a to je grašak za ljudsku prehranu i grašak za ishranu stoke. U ishrani ljudi koristi se kao zeleno zrno (krunac), mlade mahune (šećerac), i kao suho zrno, čitavo ili mljeveno. Zeleno se zrno bere kada zrno sadrži oko 20% suhe tvari za izravnu uporabu, a za kasniju uporabu se zamrzava, sterilizira ili suši. Zrno se u mljevenom obliku (brašno) upotrebljava za različita jela.

U ishrani stoke koristi se suho zrno (mljeveno) i čitava biljka u obliku zelene mase, za sjenažu i silažu, proizvodnju sijena, kao suho zrno i za industrijsku preradu. Za proizvodnju voluminozne krme najčešće se sije stočni grašak ozimog ili jarog tipa, pomiješan sa žitaricama ili sam (Stjepanović, 2011.).

### 1.1. Morfološka svojstva graška

Glavni korijen graška može dosegnuti dubinu od 1 m. Veći dio korijenja nalazi se u oraničnom dijelu tla do 30 cm dubine. Kvržice koje se nalaze na korijenu graška i drugih lepirnjača predstavljaju simbiozu s bakterijama iz roda *Rhizobium*. Bakterije fiksiraju dušik iz zraka koji je nepristupačan biljci te ga pretvaraju u amonijski oblik koji je dostupan. ([http://pinova.hr/hr\\_HR/baza-znanja/povrcarstvo/grasak/morfoloska-svojstva-graska](http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/povrcarstvo/grasak/morfoloska-svojstva-graska))



Pl. 88. *Pois cultivé.* *Pisum sativum* L.

Slika 1. *Pisum sativum* L.

(<http://powo.science.kew.org/taxon/>)

Stabljika graška je zeljasta, šuplja i uglata, te je podložna polijeganju. Visina stabljike varira te razlikujemo niske (25 – 40 cm), poluniske (45 – 65 cm), srednje visoke (70 – 90 cm) i visoke (preko 95 cm). Boja stabljike najčešće je svjetlozelene boje i prekrivena je svijetlosivom voštanim prevlakom, te se relativno slabo grana. (Matotan, 2004.) Dugačke stabljike obično imaju više koljenaca i duža međukoljenca, te razmak između koljenaca ovisi o položaju na stabljici. Donja su koljenca gušće raspoređena, a međukoljenca kraća od gornjih. Razlikuje se indeterminirani i determinirani tip rasta. Indeterminirani tip ima aktivni vegetacijski vrh sve dok ima povoljne uvjete za rast. Karakterističan izgled indeterminiranog tipa biljke je visoki rast, dok su kod determiniranog tipa biljke niskog rasta ili grmaste, s puno bočnih grana, glavna stabljika naraste do određene visine, zatim prestane rasti, a na vrhu formira cvjetove (Stjepanović i sur., 2011.).

Tipovi lista graška mogu biti perasti, bagremasti, bezlisni ili vitičasti i monokratkoperasti. Glavna peteljka završava sa viticom, a sa strane razvija jedan do dva para listića sa svojim peteljkama. U osnovi nalaze se zalisci, koji svojom osnovom obuhvaćaju stabljiku. Genotip određuje boju lista i varira od žutozelene do plavozelene. Listovi su presvučeni voštanom prevlakom (Gagro, 1997.)

Cvijet graška leptirastog je oblika na dugoj stapci. Najčešće je bijele boje, ali može biti i crven, ljubičasti ili ružičasto-bijeli. Cvijet je dvospolan i slične je građe kao i kod drugih mahunarki. Biljka je samooplodna. Malo je slučajeva spontanog križanja zbog slabe posjećenosti insekata, kao i ranom pucanju antera, koje je 24 sata prije otvaranja cvijeta. Oprašivanje počinje od 24 do 36 sati prije otvaranja cvijeta. Od oprašivanja do oplodnje prođe od 4 do 12 sati, ovisi o uvjetima (temperatura, vlažnost zraka). Cvjetanje traje od 10 do 20 dana, što je uvjetovano genotipom i vremenskim prilikama, naročito sušom koja može prekinuti fazu cvjetanja. Dinamika cvjetanja između koljenaca je 2 do 3 dana, a između cvjetova jedan dan (Stjepanović i sur., 2011.)

Gagro (1997.) je rekao da se plod graška naziva mahuna koja, ovisno o sorti, može biti različitog oblika i veličine. Unutar mahne nalazi se veći broj sjemenki ili zrna. Boja može biti žuta, zelena, bijela ili tamna. Masa 1000 zrna teži od 100 do 500 grama, a ovisi o sorti, tlu, agrotehnici, agroekološkim uvjetima i drugi.

Cilj ovoga rada je utvrditi vrijednosti svojstava i razlike u broju mahuna po biljci te broju zrna po mahuni graška u  $F_1$  i  $F_2$  generaciji.

## 2. MATERIJAL I METODE

### 2.1. Biljni materijal

U analiziranju se koriste dvije roditeljske sorte graška Baccara i Eiffel koje smo međusobno križali. Sorta Baccara (Slika 2.) je odabrana za majčinsku, a sorta Eiffel (Slika 3.) za očinsku komponentu. Obje roditeljske komponente su izabrane na temelju oplemenjivačkog rada na Poljoprivrednome institutu Osijek, na Odjelu za genetiku i oplemenjivanje krmnog bilja. U sklopu istraživanja procjene stabilnosti prinosa zrna graška Čupić i sur. (2003) navode da grašak Baccara i Eiffel pripadaju prvoj prinosnoj grupi, grupa I. karakterizira se kao najpoželjnija, tj. grupa visokog i stabilnog prinosa.



Slika 2. Sorta graška Baccara

(Foto original: Lakušić Š.)





Slika 3. Sorta graška Eiffel

(Foto original: Lakušić Š.)

## 2.2. Sjetva graška i izbor roditelja

Biljke bi se trebale sijati u kućice (5 zrna u kućicu) ili kratke redove na razmak od 1 metra, kako bi se nesmetano moglo kretati između biljaka. Izbor 15 zdravih, dobro razvijenih i ujednačenih biljaka od svake roditeljske komponente važan je kako bi se smanjila mogućnost prijenosa bolesti ili genetske kontaminacije potomstva. Pri izboru majke obično se biraju linije s krupnijim cvjetovima, izuzev kod ciljanog oplemenjivanja na svojstva kod kojih postoji jače izražena majčinska učinkovitost (citoplazmatsko nasljeđivanje kloroplasta). Najčešće se po koljencu razvijaju dva ili više cvjetova, te je potrebno izabrati samo jedan cvijet, a druge odstraniti. Isto tako, hibridizaciju ne treba započeti na prvom fertilnom koljencu, jer, uglavnom, stvara jedan cvijet koji je često već samooplođen i sklon abortiranju.

Hibridizacija započinje kada imamo dovoljan broj cvjetova oca s procvatim cvjetovima ili puknutim anterama, dok bi biljke majke trebale imati cvjetove koji su obuhvaćeni časkom i antere koje im nisu pukle (Čupić i sur., 2011.)

### 2.3. Hibridizacija biljke graška

Hibridizacija ili križanje, kao tehnika kojom se razvija nova raznolikost, često je podcijenjena i zanemarena. Pojava maksimalnog broja kombinacija ovisi o postotku uspješnosti hibridizacije, koji je često ograničen nesinkroniziranom cvatnjom oca i majke, kao i vanjskim čimbenicima (temperatura, kiša, insekti i samooplodnja).

Za izvođenje hibridizacije potrebna su pomagala: pinceta, škarije, 70% alkohol, grafitna olovka, etikete, uzice od tanke špage, nepromočive vrećice, spajalice i plan križanja. Emaskulacija cvijeta majke (Slika 4.) se izvodi kidanjem prašnika, na način da se cvijet otvori sterilnom pincetom po trbušnoj (ispupčenoj) strani te uhvati ispod antera koje se nježno otkinu te izbacuju. U slučaju pucanja antera, cvijet se odbacuje, jer je kontaminiran vlastitim polenom. Cvijet oca se kida sa očinske biljke, i stiska prstima, kako bi se polen nanio na tučak očinskog cvijeta. Zatim se tučkom očinskoga cvijeta polen nanosi na tučak majčinskog cvijeta (Slika 5.). U slučaju manjeg broja očinskih cvjetova, slabije polinacije i zrnatog polena, postoji mogućnost kidanja prašnika oca i nanošenja pincetom prašnika s polenom na njušku tučka majke.



Slika 4. Emaskulirani cvijet majke pripremljen za križanje

(Foto original: Lakušić Š.)



Slika 5. Oprašivanje majčinskog cvijeta

(Foto original: Lakušić Š.)

Postotak hibridizacije ne ovisi samo o umijeću osobe, već i o vremenskim prilikama (temperatura i vlaga zraka) i insektima (tripsi i graškov savijač). Potrebno je dobiti oko 100 biljaka u  $F_1$  generaciji pa treba ukalkulirati sva umanjenja uspješnosti, da bi se dobilo oko 40 cvjetova po kombinaciji (Čupić i sur., 2011.)

#### **2.4. Mjerenje broja mahuna po biljci i broja zrna po mahuni**

Rezultati za roditeljske sorte graška Eiffel i Baccara sijane 2016. godine, te njihovu  $F_1$  generaciju sijanu 2017. godine preuzeti su od Odjela za genetiku i oplemenjivanje krmnoga bilja, Poljoprivrednog instituta u Osijeku, nakon čega su obrađeni za potrebe ovoga rada.  $F_2$  generacija je u cijelosti odrađena 2018. godine i u nastavku opisana. Grašak je ubran sa polja, složen u snopove i pohranjen u skladište 21.05.2018. godine (Slika 6.)





Slika 6. Grašak pohranjen u snopove  
(Foto original: Lakušić Š.)



Slika 7. Mjerenje visine graška  
(Foto original: Lakušić Š.)

Iz svakog je snopa 22.5.2018. godine odabran je određeni broj nasumičnih biljaka, zatim je prvo izmjerena visina. Visina se mjeri od prvog koljenca koji se nalazi iznad korijena do zadnjeg koljenca koji se nalazi ispod najviše mahune na biljci (Slika 7.). Izražava se i zapisuje u cm.



Slika 8. Prebrojavanje zrna po mahuni

(Foto original: Lakušić Š.)

Nakon izmjerene visine prebrojana su rodna koljenca, to su koljenca koja na sebi nose mahune. Potom su prebrojane mahune i nakon toga ubrane. Mahune su odvojene od svake biljaka u posebnu posudicu. Zatim su očišćena zrna iz mahuna, odvojena oštećena zrna i prebrojana (Slika 8.). Sve je upisano u tablicu u za to predviđenu rubriku.

Zbog velike varijabilnosti izmjerenih podataka za broj mahuna po biljci i broj zrna po mahuni izračunata je aritmetička sredina, a radi bolje preglednosti rezultata mjerenja podaci su prikazani u obliku učestalosti, te su izrađeni histogrami za svako svojstvo obje roditeljske komponente te za segregacijske generacije ( $F_1$  i  $F_2$ ).

Aritmetička sredina, s oznakom  $\bar{x}$ , je statistički parametar koji prikazuje srednju vrijednost rezultata, a računa se tako da zbroj svih pojedinačnih mjerenja podijelimo s brojem mjerenja.

Formula aritmetičke sredine je:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

gdje je  $\sum x$  zbroj svih pojedinačnih mjerenja, a  $n$  broj pojedinačnih mjerenja.

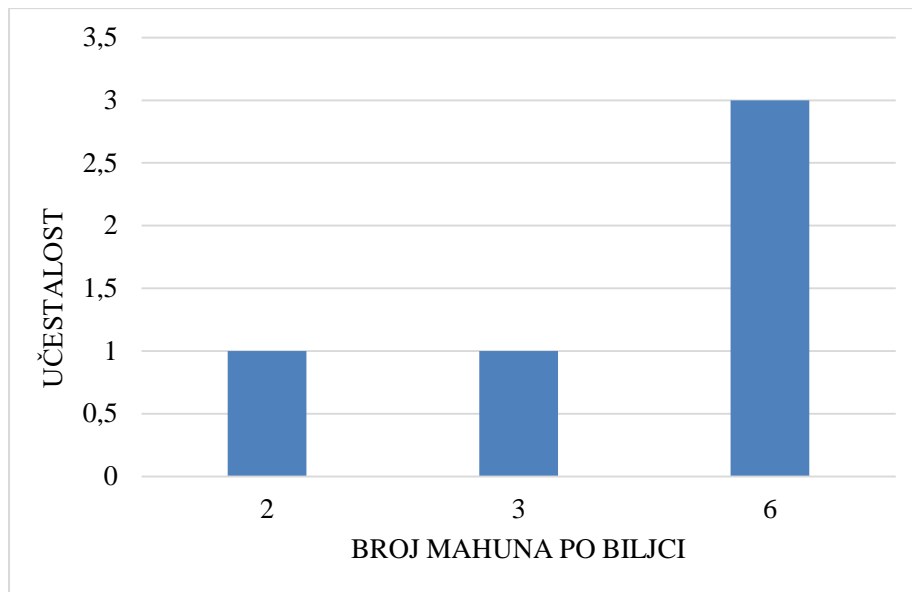
### 3. REZULTATI I RASPRAVA

Dobivene vrijednosti o broju mahuna po biljci i broju zrna po mahuni za obje roditeljske komponente križanja su međusobno uspoređene i izračunata je aritmetička sredina za oba svojstva. Prinos zrna je najznačajnije oplemenjivačko svojstvo no oplemenjivači svoja istraživanja usmjeravaju ka drugim kvantitativnim svojstvima koje je lakše procijeniti odnosno izmjeriti među kojima su osim visine biljke, mase zrna, mase 1000 zrna i broj zrna po biljci i broj zrna po mahuni. Broja mahuna po biljci ima vrlo jak utjecaj na produktivnost cijele biljke graška (Bilgili i sur., 2001.).

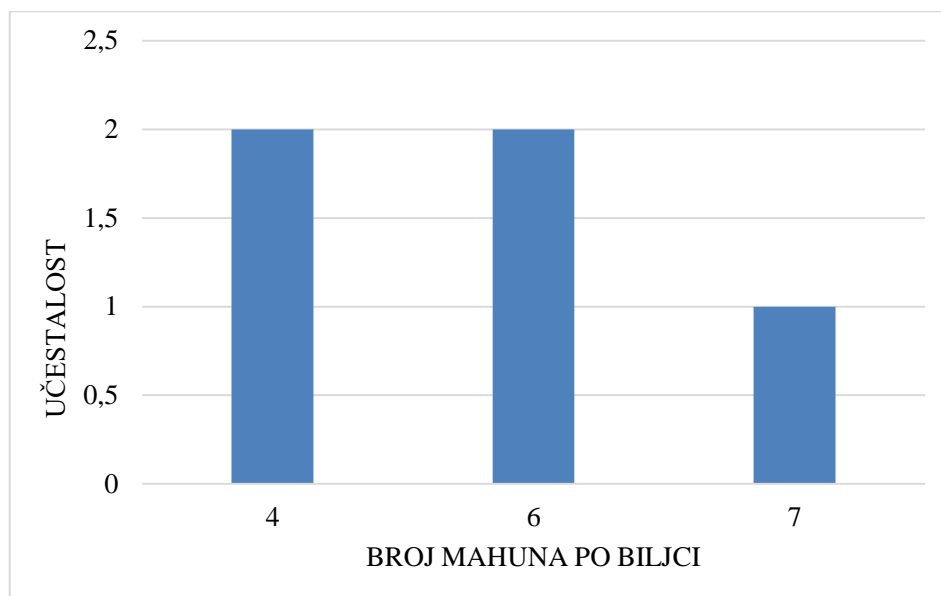
Tablica 1. Broj mahuna po biljci i broja zrna po mahuni parentalne generacije

GENERACIJA P1	Sorta	BROJ MAHUNA	BROJ ZRNA PO MAHUNI
♂	Eiffel	6	3,8
	Eiffel	4	4,5
	Eiffel	4	4,3
	Eiffel	6	4,7
	Eiffel	7	3,1
$\bar{x}$		<b>5,40</b>	<b>4,08</b>
♀	Baccara	6	4,5
	Baccara	6	5,3
	Baccara	3	7,3
	Baccara	6	5,0
	Baccara	2	6,5
$\bar{x}$		<b>4,60</b>	<b>5,72</b>

Prema prikazanim rezultatima u Tablici 1. broj mahuna po biljci očinske sorte Eiffel se kretao od 4 do 7, dok je srednja vrijednost iznosila 5,40 mahune po biljci. Broj zrna po mahuni kretao se od 3,1 do 4,7 sa srednjom vrijednosti od 4,08 zrna po mahuni. Za majčinsku sorta Baccara broj mahuna po biljci se kretao od 2 do 6, dok je aritmetička sredina iznosila 4,60 mahuna. Iako je sorta Baccara imala u prosjeku manji broj mahuna po biljci broj zrna po mahuni kretao se od 4,5 do 7,3 zrna, a aritmetička sredina iznosila je ukupno 5,72 zrna po mahuni što je za 1,64 zrna više od očinske komponente.

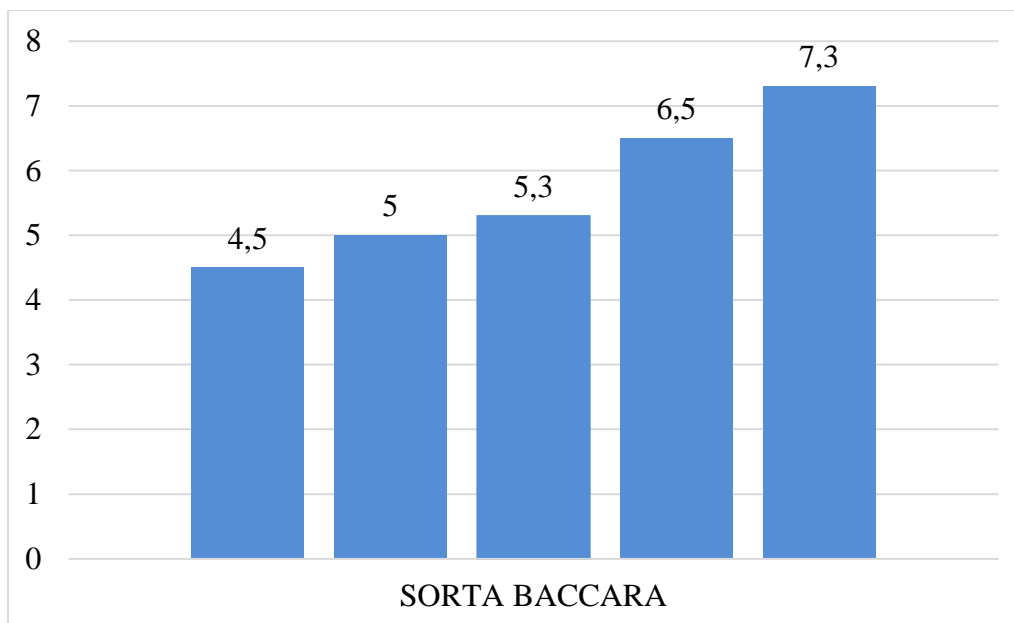


Grafikon 1. Prikaz distribucije broja mahuna po biljci Baccara graška

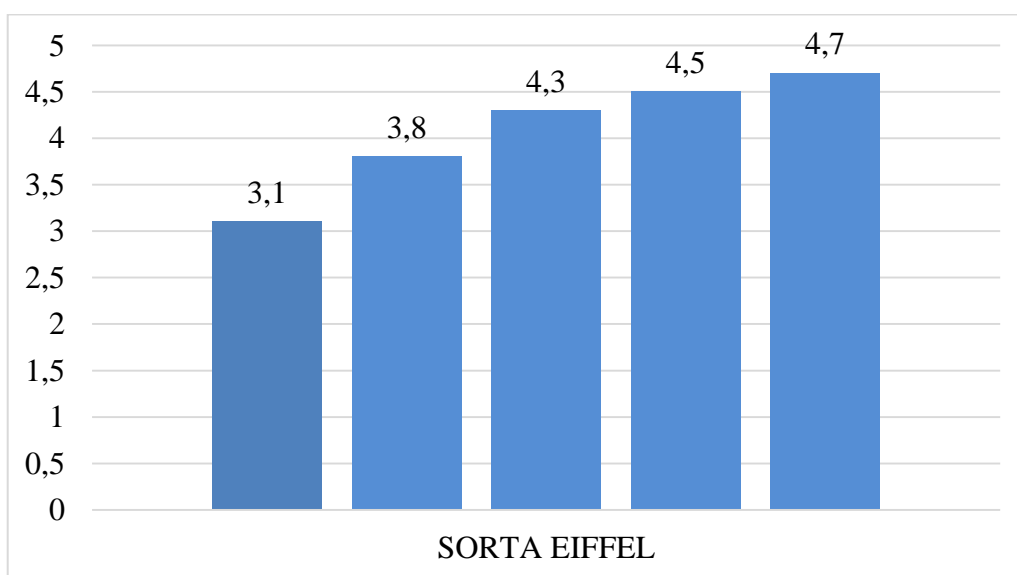


Grafikon 2. Prikaz distribucije broja mahuna po biljci Eiffel graška

U grafikonima 1. i 2. prikazana je distribucija broja mahuna po biljci za roditeljsku generaciju graška Baccara i Eiffel gdje se vidi da kod sorte Baccara imamo po jednu biljku s 2 i 3 mahune i tri biljke sa šest mahuna, dok kod sorte Eiffel imamo po dvije biljke s 4 i 6 mahuna i jednu sa 7 mahuna.



Grafikon 3. Prikaz broja zrna po mahuni sorte Baccara



Grafikon 4. Prikaz broja zrna po mahuni sorte Eiffel

U grafikonu 3. i 4. prikazan broj zrna po mahuni za roditeljsku generaciju graška Barraca i Eiffel. Vidimo da pet nasumično odabranih biljaka majčinska sorte Baccara imaju u veći broj zrna po mahuni u odnosu na pet nasumično odabranih biljaka očinske sorte Eiffel.

Čupić (2006.) u svome ispitivanju koristi razne sorte, po broju mahuna se mogu izdvojiti Erbi sa najvećim prosjekom u prvoj godini koji iznosi 13, dok u drugoj godini najveći prosjek ima Timo s 9,0. Kod broja zrna po biljci najbolji prosjek u prvoj godini ima



Baccara 44,5, a u drugoj godini najveći prosjek ima NS Pionir 40,8. Kod broja zrna po mahuni najbolji prosjek u prvoj godini ima Poneka 4,7, a u drugoj također Poneka sa 5,2.

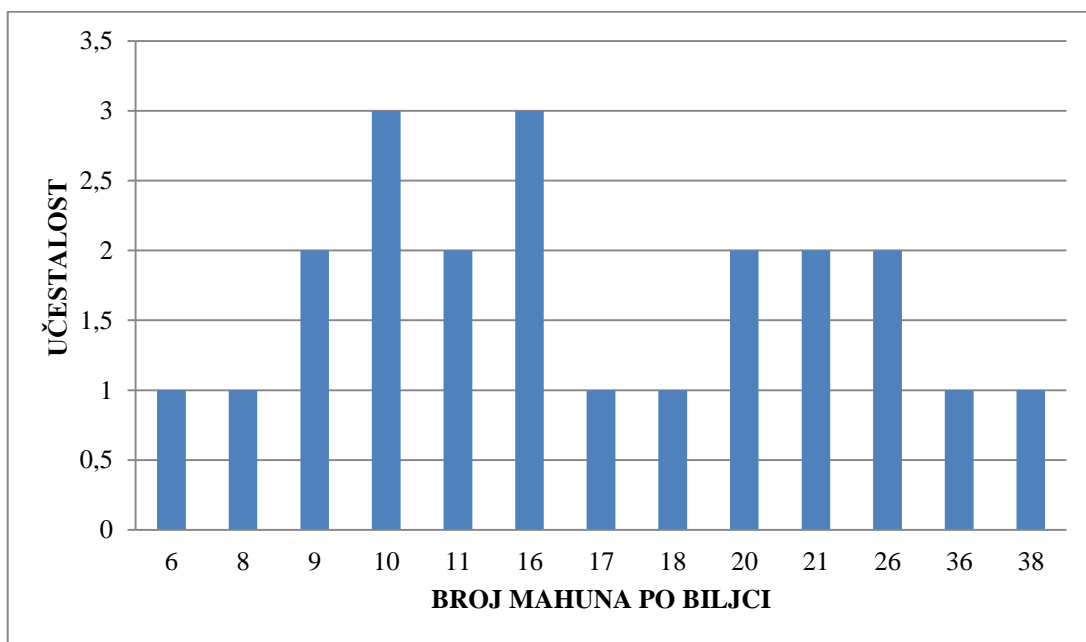
Dobiveni podaci o vrijednostima broja mahuna po biljci te broja zrna po mahuni prve filijalne generacije su prikazani u Tablici 2. zajedno s prosječnim vrijednostima parentalne generacije.

Tablica 2. Rezultati mjerenja i prosječne vrijednosti broja mahuna po biljci i broja zrna po mahuni F<sub>1</sub> generacije i prosjeci parentalne generacije

GENERACIJA	BILJKE	BROJ MAHUNA PO BILJCI	BROJ ZRNA PO MAHUNI
<b>F1</b>	<b>1</b>	<b>38</b>	<b>4,1</b>
	<b>2</b>	10	4,5
	<b>3</b>	10	5,5
	<b>4</b>	20	4,4
	<b>5</b>	21	4,5
	<b>6</b>	8	6,0
	<b>7</b>	18	4,3
	<b>8</b>	26	4,7
	<b>9</b>	21	5,3
	<b>10</b>	17	4,4
	<b>11</b>	16	4,8
	<b>12</b>	9	5,9
	<b>13</b>	11	<b>6,5</b>
	<b>14</b>	9	4,8
	<b>15</b>	10	4,8
	<b>16</b>	11	5,7
	<b>17</b>	16	5,1
	<b>18</b>	20	4,8
	<b>19</b>	<b>36</b>	<b>4,1</b>
	<b>20</b>	16	4,6
	<b>21</b>	26	4,4
	<b>22</b>	<b>6</b>	5,5
$\bar{x}$		<b>17,05</b>	<b>4,95</b>
$\bar{x}$ Baccara		<b>4,60</b>	<b>5,72</b>
$\bar{x}$ Eiffel		<b>5,40</b>	<b>4,08</b>
$\bar{x}$ oba roditelja		<b>5,00</b>	<b>4,90</b>

Prema prikazanim rezultatima mjerenja u Tablici 2. prosječna vrijednost za broj mahuna po biljci F<sub>1</sub> generacije, nastala križanjem sorti Baccara i Eiffel iznosila je 17,05, što je za

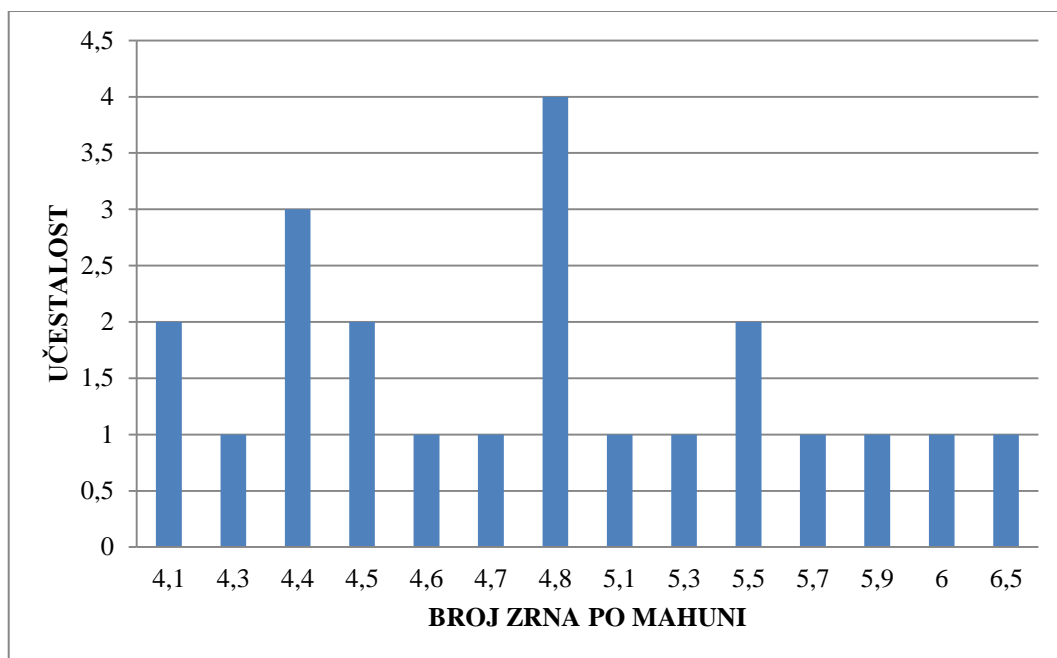
12,9 mahuna više u odnosu na prosjek majčinske komponente Baccare te za 11,65 mahuna više od očinske komponente Eiffel. Mogu se istaknuti neke biljke koje imaju veći broj mahuna s obzirom na prosjek kao što su linija 1 koja je imala 38 mahuna po biljci zatim biljka 19 s 36, te biljke 8 i 21 koje su imale 26 mahuna po biljci. Prosjek za broj zrna po mahuni 4,95 se nalazi između prosjeka Baccare 5,72 i Eiffel 4,08. Tu možemo istaknuti liniju 13 s 6,5 zrna po mahuni, liniju 6 sa 6,0 i liniju 12 s 5,9.



Grafikon 5. Prikaz distribucije broja mahuna po biljci  $F_1$  generacije graška

U Grafikonu 5. prikazana je distribucija broja mahuna po biljci  $F_1$  generacije graška. Broj mahuna po biljci kreće se u intervalu od 6 do 38. Po tri biljke imaju 10 i 16 mahuna. Distribucija broja mahuna po biljci u  $F_1$  generaciji ne prati Gaussovu krivulju odnosno normalnu raspodjelu vrijednosti. Srednja vrijednost broja mahuna po biljci  $F_1$  generacije (17,05) je za 12,05 mahuna veća od srednje vrijednosti obje parentalne generacije. Sve biljke  $F_1$  generacije su imale veći broj mahuna od prosječne vrijednosti i majčinske i očinske sorte graška. Kosev i sur., (2012.) su u istraživanju procjene nasljeđivanja kvantitativnih svojstava (visine biljke, visina do prve mahune, broj mahuna po biljci, broj zrna po biljci, broj zrna po mahuni, masa zrna po biljci i broj fertilnih nodija) dvije kombinacije križanja procjenjivali njihovu oplemenjivačku vrijednost. Križane su fenotipski dvije vrlo različite sorte graška. Srednje vrijednosti sorte Pleven 10 (majčinske

komponente) za broj mahuna po biljci iznosio je 16,50, a sorte Usatii 90 3,28, dok je srednja vrijednost njihove F<sub>1</sub> generacije bila čak 35,95 što uvelike premašuje srednju vrijednost oba roditelja te ukazuje na heterotični učinak.



Grafikon 7. Prikaz distribucije broja zrna po mahuni F<sub>1</sub> generacije graška

U Grafikonu 7. prikazana je distribucija broja zrna po mahuni F<sub>1</sub> generacije graška. Broj zrna po mahuni u prosjeku kreće se u intervalu od 4,1 do 6,5. Najviše biljaka (četiri) ima po 4,8 zrna po mahuni, tri biljke po 4,4 zrna dok po dvije biljke imaju 4,1 , 4,5 i 5,5 zrna po mahuni. Prosječna vrijednost broja zrna po mahuni F<sub>1</sub> generacije je 4,95, dok je prosječna vrijednost parentalne generacije 4,90. Možemo primijetiti da je prosječna vrijednost F<sub>1</sub> generacije gotovo jednaka prosječnoj vrijednosti roditelja što nam govori da se vjerojatno rado i parcijalnoj dominaciji gena koji kontroliraju navedeno svojstvo te se procjenjuje da se radi o aditivnom djelovanju gena (Borojević, 1976.).

Maksimalno razdvajanje gena, maksimalna heterozigotnost te najveća varijabilnost očekuje se u F<sub>2</sub> generaciji. U Tablici 3a. i Tablici 3b. prikazani su rezultati mjerenja i srednje vrijednosti broja mahuna po biljci i broja zrna po mahuni ukupno 93 biljke F<sub>2</sub> generacije graška tablicama sa srednjim vrijednostima roditeljskih komponenti za ista svojstva.

Tablica 3a. Rezultati mjerenja i srednje vrijednosti broja mahuna po biljci i broja zrna po  $F_2$  i parentalne generacije

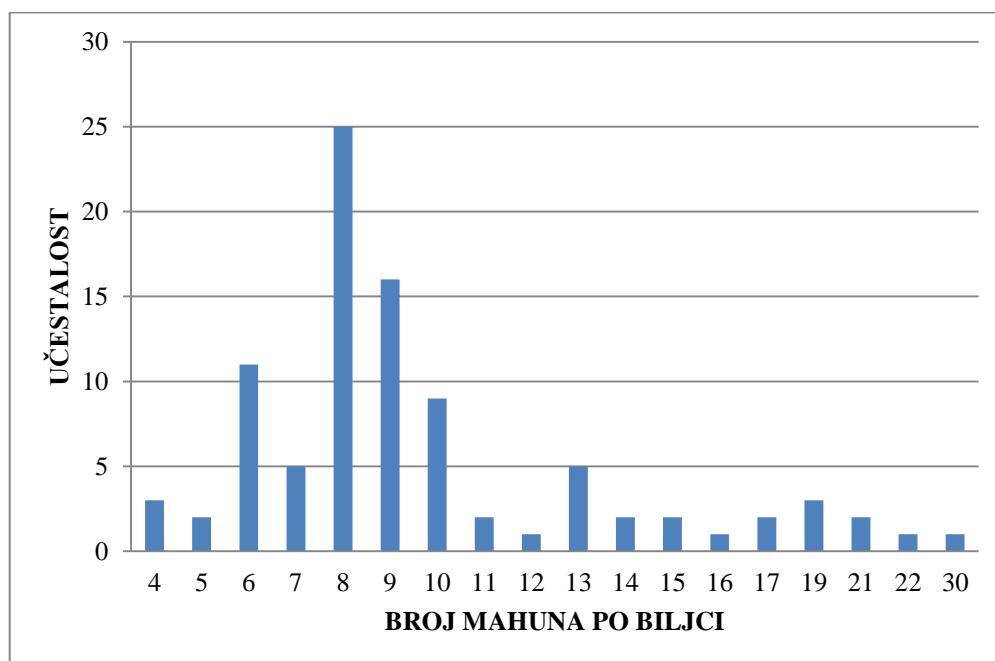
GENERACIJA	BILJKA	BROJ MAHUNA PO BILJCI	BROJ ZRNA PO MAHUNI	BILJKA	BROJ MAHUNA PO BILJCI	BROJ ZRNA PO MAHUNI	
F <sub>2</sub>	1	4	4,8	25	13	4,5	
	2	8	4,9	26	8	5,0	
	3	6	5,0	27	7	4,9	
	4	13	4,3	28	8	4,9	
	5	22	3,8	29	8	3,4	
	6	9	4,6	30	8	4,9	
	7	9	4,6	31	16	4,1	
	8	8	4,6	32	9	4,7	
	9	17	4,1	33	8	3,9	
	10	19	3,8	34	10	4,9	
	11	9	4,6	35	6	3,8	
	12	14	4,4	36	6	4,2	
	13	14	4,4	37	7	5,9	
	14	9	5,0	38	21	4,1	
	15	7	3,1	39	21	3,6	
	16	6	4,7	40	6	4,8	
	17	8	4,6	41	9	5,0	
	18	9	4,0	42	9	4,8	
	19	5	5,8	43	12	4,8	
	20	5	6,0	44	9	4,6	
	21	9	4,4	45	8	4,6	
	22	6	3,3	46	8	5,0	
	23	8	4,5	47	8	4,9	
	24	8	4,8				
BROJ MAHUNA PO BILJCI	x̄ F <sub>2</sub>		9,84	BROJ ZRNA PO MAHUNI	x̄ F <sub>2</sub>		4,66
	x̄ Baccara		4,60		x̄ Baccara		5,72
	x̄ Eiffel		5,40		x̄ Eiffel		4,08

Tablica 4b. Rezultati mjerenja i srednje vrijednosti broja mahuna po biljci i broja zrna po  $F_2$  i parentalne generacije

GENERACIJA	BILJKA	BROJ MAHUNA PO BILJCI	BROJ ZRNA PO MAHUNI	BILJKA	BROJ MAHUNA PO BILJCI	BROJ ZRNA PO MAHUNI
<b>F<sub>2</sub></b>	<b>48</b>	8	4,9	<b>71</b>	30	3,6
	<b>49</b>	10	4,9	<b>72</b>	11	4,5
	<b>50</b>	8	5,3	<b>73</b>	8	5,1
	<b>51</b>	8	4,9	<b>74</b>	6	5,8
	<b>52</b>	6	5,7	<b>75</b>	6	5,2
	<b>53</b>	9	4,7	<b>76</b>	15	4,3
	<b>54</b>	10	4,5	<b>77</b>	13	4,5
	<b>55</b>	11	4,5	<b>78</b>	10	4,7
	<b>56</b>	8	4,4	<b>79</b>	10	5,4
	<b>57</b>	9	4,6	<b>80</b>	7	5,3
	<b>58</b>	8	5,3	<b>81</b>	10	4,7
	<b>59</b>	4	4,8	<b>82</b>	9	4,9
	<b>60</b>	9	5,0	<b>83</b>	8	4,6
	<b>61</b>	8	4,9	<b>84</b>	8	5,0
	<b>62</b>	8	4,9	<b>85</b>	13	4,5
	<b>63</b>	9	5,0	<b>86</b>	15	4,3
	<b>64</b>	19	4,1	<b>87</b>	8	4,8
	<b>65</b>	10	4,8	<b>88</b>	10	4,8
	<b>66</b>	13	4,4	<b>89</b>	19	4,2
	<b>67</b>	10	3,9	<b>90</b>	4	4,5
	<b>68</b>	6	5,5	<b>91</b>	7	4,4
	<b>69</b>	17	4,2	<b>92</b>	8	4,6
	<b>70</b>	6	5,8	<b>93</b>	9	4,9
<b>BROJ MAHUNA PO BILJCI</b>	$\bar{x} F_2$		<b>9,84</b>	<b>BROJ ZRNA PO MAHUNI</b>	$\bar{x} F_2$	<b>4,66</b>
	$\bar{x}$ Baccara		<b>4,60</b>		$\bar{x}$ Baccara	<b>5,72</b>
	$\bar{x}$ Eiffel		<b>5,40</b>		$\bar{x}$ Eiffel	<b>4,08</b>
	$\bar{x}$ oba roditelja		<b>5,00</b>		$\bar{x}$ oba roditelja	<b>4,90</b>

Broj mahuna po biljci u F<sub>2</sub> generaciji kretao se od u širokom rasponu od 4 (biljke 1, 59 i 90) do čak 30 mahuna po biljci koja je zabilježena u biljke broj 71. Srednja vrijednost je iznosila 9,84 mahuna po biljci što je za 4,84 mahune više od prosjeka oba roditelja. Prema prikazanim rezultatima osim biljke 71 s 30 mahuna po biljci mogu se izdvojiti i biljka 5 s 22 mahune, biljke 38 i 39 s 21 mahunom. te tri biljke broj 10, 64 i 89 koje su imale 19 mahuna po biljci.

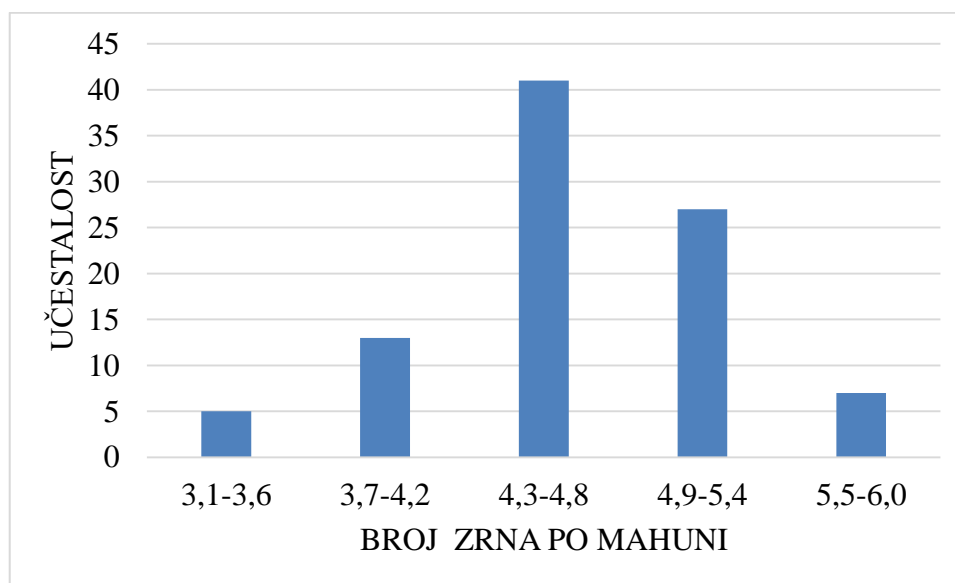
Svojstvo broja zrna po mahuni u F<sub>2</sub> generaciji je variralo u rasponu od 3,1 (biljka 15) do 6,0 (biljka 20). Srednja vrijednost F<sub>2</sub> generacije za broj zrna po mahuni od iznosila je 4,66, što je manje od prosjeka F<sub>1</sub> generacije (4,95) i manje od prosjeka oba roditelja koji iznosi 4,90 zrna po mahuni. U F<sub>2</sub> generaciji mogu se izdvojiti još biljka 37 s 5,9 zrna po mahuni, zatim biljke 19, 70 i 74 s 5,8 te biljka 52 s 5,7 i biljka 68 sa 5,5 zrna po mahuni.



Grafikon 8. Prikaz distribucije mahuna po biljci F<sub>2</sub> generacije graška

U grafikonu 8. prikazana je distribucija broja mahuna po biljci F<sub>2</sub> generacije graška koja ne prati izgled Gaussove krivulje odnosno nema normalnu distribuciju. Najviše biljaka, za njih 25 što čini 26,89% uzorka, je izbrojano ukupno 8 mahuna po biljci što je u prosjeku više od obje roditeljske komponente. U ukupno 15 biljka je zabilježeno 3 do čak šest puta više mahuna po biljci nego što je prosjek oba roditelja, što ukazuje na moguću pojavu superdominacije kao načina djelovanja gena koji kontroliraju navedeno svojstvo. Prema

Kosev i sur. (2012) vojsva broj zrna po biljci te broja zrna po mahuni najčešće pokazuju dominaciju ili superdominaciju kao način djelovanja gena dok druga istraživanja pak navode aditivno djelovanje gena za navedena svojstva (Nassef i El-Rawy, 2013.).



Grafikon 10. Histogram za broja zrna po mahuni F<sub>2</sub> generacije graška

U grafikonu 10. prikazan je histogram broja zrna po mahuni F<sub>2</sub> generacije graška na uzorku od 93 biljke. Broj zrna po mahuni u prosjeku se kretao u intervalu od 3,1 do 6. Najveći broj biljaka, njih 41 što je oko 44% od ukupnog broja biljaka, nalazi se oko aritmetičke sredine koja iznosi 4,66 zrna po mahuni. Iznad prosjeka nalaze se 34 biljke, što je oko 37% od ukupnog broja biljaka. Ispod prosjeka nalazi se 18 biljaka, što je oko 19% od ukupnog broja biljaka.

Iz rezultata se može zaključiti kako su prinosi mahuna po biljci i zrna po mahuni varirali, ali uzimajući u obzir prosjeke svih linija možemo zaključiti da najbolji prinos mahuna po biljci je zabilježen u F<sub>1</sub> generacija sa 17,04, nakon nje F<sub>2</sub> generacija s 9,83, te P1 generacija (Eiffel 5,4 i Baccara 4,6). Kosev (2012.) je u svom istraživanju križao dvije sorte, Pleven 10 sa Usatii 90 i Pleven 10 s Kamerton. Prosjek u F<sub>1</sub> generaciji za broj mahuna po biljci prvog križanja (Pleven 10 x Usatii 90) iznosio je 35,95, dok je u F<sub>2</sub> generaciji iznosio 30,75. Prosjek drugoga križanja (Pleven 10 x Kamerton) prosjek F<sub>1</sub> generaciji iznosio je 33,35, a u F<sub>2</sub> generaciji 37,50. Za broj zrna po mahuni prosjek u F<sub>1</sub> generaciji križanja Pleven 10 x Usatii 90 iznosio je 5,21, a u F<sub>2</sub> generaciji iznosio je 5,49. Prosjek broja zrna po mahuni u križanju Pleven 10 x Kamerton u F<sub>1</sub> generaciji iznosio je 4,67, a u F<sub>2</sub> generaciji 4,83.

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu ispitivan je broj mahuna po biljci i broj zrna po mahuni u ranim generacijama selekcije graška križanih sorata Eiffel i Baccara te je utvrđena velika varijabilnost i u  $F_1$  i u  $F_2$  generaciji.

Prosječna vrijednost za broj mahuna po biljci u  $F_1$  generaciji iznosila 17,05, a u  $F_2$  9,83 mahuna po biljci. U  $F_1$  generaciji mogle bi se izdvojiti biljke s najvećim brojem mahuna po biljci, kao što je biljka 1 (38 mahuna po biljci) te biljka 19 (36 mahuna po biljci). U  $F_2$  generaciji se može izdvojiti biljka 71 s 30 mahuna po biljci.

Prosječna vrijednost broja zrna po mahuni za  $F_1$  generaciju iznosila 4,95, a u  $F_2$  generaciji iznosila 4,66 zrna po mahuni. U  $F_1$  generaciji možemo izdvojiti tri biljka s najvećim brojem zrna po mahuni biljka 13 (6,5), biljka 6 (6,0) i biljka 12 (5,9). Ukupno četiri biljke u  $F_2$  generaciji se izdvajaju kao najbolje, biljka 37 s 5,9 zrna po mahuni te biljke 19, 70 i 74 s 5,8 zrna po mahuni.

Dobiveni rezultati se mogu iskoristiti za daljnja ispitivanja nasljeđivanja ovih kvantitativnih svojstava te za dobivanje nove oplemenjivačke populacije.



## 5. POPIS LITERATURE

1. Bilgili, U., Sincik, M., Uzun, A., and Acikgoz, E., The Effects of Supplemental Lighting and Light Density on Plant Growing of Pea (*Pisum sativum* L.) in Green house Conditions, 4<sup>th</sup> Turkey Field Crops Congress, pp. 117–121.
2. Čupić, T., Popović, S., Tucak, M., Stjepanović, M., Grljušić, S. (2003.): Procjena stabilnosti prinosa zrna graška (*Pisum sativum* L.), Poljoprivreda, 9(1), 1 – 6
3. Čupić, T. (2006.): Proučavanje genetske divergentnosti graška (*Pisum sativum* L.) na osnovi podrijetla, morfoloških i molekularnih markera. Doktorska disertacija. Agronomski fakultet u Zagrebu, str. 32 – 48
4. Čupić, T., Tucak, M., Popović, S., Bolarić, S., Grljušić, S., Kozumplik, V. (2009.): Genetic diversity of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes assessed by pedigree, morphological and molecular data. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7 (3i4): 343 – 348
5. Nassef, D.M.T., El-Rawy, M.A. (2013.): Analysis of Gene Effects Controlling Some Traits in Garden Pea (*Pisum sativum* L.). Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7(1): 537-542
6. Gagro, M. (1997.): Ratarstvo obiteljskog gospodarstva : Žitarice i zrnate mahunarke, Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb, str. 200 – 206
7. Hoey, B.K., Crowe, K.R., Jones, V.M., Polans, N.O. (1996.): A phylogenetic analysis of *Pisum* based on morphological characters, and allozyme and RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 92:92–100.
8. Kosev, V., I. Pachev, S. Angelova, Mikic, A. (2012.): Inheritance of quantitative traits in crosses between two *Pisum sativum* subspecies with particular reference to their breeding value. Russian Journal of Genetics, 48(1), 42–47.
9. Kosev, V. (2014.), Breeding and Genetic Assessment of Some Quantitative Traits in Crosses Forage Pea (*Pisum sativum* L.). Open Journal of Genetics, 4, 22-29.
10. Matotan, Z. (2004): Suvremena proizvodnja povrća, Nakladni zavod Globus, Zagreb, str. 304 – 314
11. Meena, B.L., Das S.P., Kandpal, B.K., Nagchan, S.V. (2017.): Genetic Estimates and Character Association Studies in Field Pea (*Pisum sativum* L.). Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 6 (6); 2375-2388.
12. Stjepanović, M., Čupić, T., Gantner, R. (2011.): Grašak. Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek, str. 37 – 78

13. [http://pinova.hr/hr\\_HR/baza-znanja/povrcarstvo/grasak](http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/povrcarstvo/grasak) (19.05.2018.)
14. [http://pinova.hr/hr\\_HR/baza-znanja/povrcarstvo/grasak/morfoloska-svojstva-graska](http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/povrcarstvo/grasak/morfoloska-svojstva-graska) (19.05.2018.)
15. <http://powo.science.kew.org/taxon/>